

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251250

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/152

H04B 10/142

H04B 10/04

H04B 10/06

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/02

H04B 10/18

(21)Application number : 2000-061068

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 06.03.2000

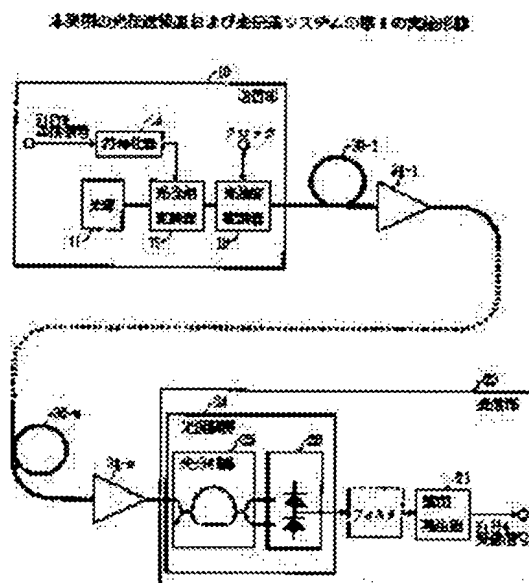
(72)Inventor : FUKUTOKU KOUSHI  
MIYANO TOMOKO

## (54) OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To configure an economical network by relaxing the limit of the number of optical amplifiers and repeaters due to a nonlinear optical effect and deterioration in optical SNR.

SOLUTION: The optical transmitter for configuring a transmission section is provided with a light source, that generates a light with a single wavelength, a phase modulation means that applies phase modulation to a light with a single wavelength by a digital signal, and an intensity modulation means that applies intensity modulation, so that the optical intensity is small at borders of bits of the optical signal that is phase-modulated, and transmits an optical signal, that is phase-modulated and intensity-modulated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3625726

[Date of registration]

10.12.2004

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(10) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-251250  
(P2001-251250A)  
(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F 1	チャート (参考)
H 04 B 10/152		H 04 B 9/00	L 5 K 0 0 2
10/142			E
10/04			M
10/06			
H 04 J 14/00			

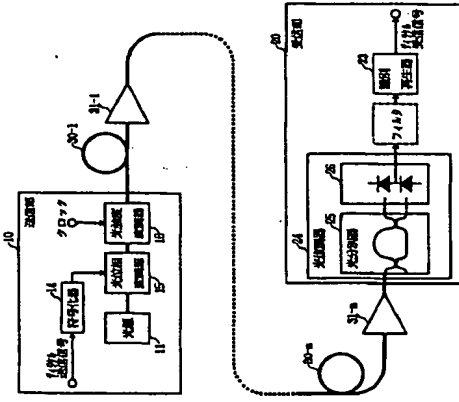
特許請求 未請求 請求項の数を 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特開2000-61068(P2000-61068)	(71) 出願人	00004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成12年3月6日 (2000.3.6)	(72) 発明者	國崎 光昭 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	宮野 ともし 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(74) 代理人	100072718 弁理士 古谷 史臣 Fターム (参考) 5K002 A004 B002 B005 C001 C009 D002 D005 F001

(54) 発明の名称 光伝送装置および光伝送システム

(57) 【要約】  
【課題】 非線形光学効果および光 S/NR 劣化による光増幅中継の制限を緩和し、経済的なネットワークを構築する。  
【解決手段】 送信部を構成する光伝送装置として、単一波長の光を発生する光源と、デジタル信号により単一波長の光を位相変調する位相変調手段と、位相変調された光信号の各ピットの境界で光強度が小さくなるように強度変調する強度変調手段とを備え、位相変調および強度変調された光信号を送信する。

本発明の光伝送装置および光伝送システムの第1の実施形態



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一波長の光を発生する光源と、デジタル信号により前記単一波長の光を位相変調する位相変調手段と、前記位相変調された光信号の各ピットの境界で光強度が小さくなるように強度変調する強度変調手段とを備え、前記位相変調および強度変調された光信号を送信することを特徴とする光伝送装置。  
【請求項2】 異なる波長の光を発生する複数の光源と、複数のデジタル信号により前記各波長の光をそれぞれ位相変調する複数の位相変調手段と、前記位相変調された各波長の光信号の各ピットの境界で光強度が小さくなるようにそれぞれ強度変調する複数の強度変調手段と、前記位相変調および強度変調された各波長の光信号を合成する光合成手段とを備え、前記光合成手段から出力される波長多重光信号を送信することを特徴とする光伝送装置。  
【請求項3】 デジタル信号により位相変調された光信号を復調して電気信号に変換する光復調手段と、前記電気信号を復調再生して前記デジタル信号を出力する復調再生手段とを備え、前記請求項1に記載の光伝送装置から送信された光信号を前記光復調手段に受信することを特徴とする光伝送装置。  
【請求項4】 複数のデジタル信号により各波長の光信号がそれぞれ位相変調された波長多重光信号を各波長の光信号に分波する光分波手段と、前記各波長の光信号を復調してそれぞれ電気信号に変換する複数の光復調手段とを備え、前記電気信号を復調再生してそれぞれデジタル信号を出力するデジタル信号処理手段とを備え、前記請求項2に記載の光伝送装置から送信された波長多重光信号を前記光分波手段に受信して分波することを特徴とする光伝送装置。  
【請求項5】 請求項3または請求項4に記載の光伝送装置において、前記光復調手段で復調された電気信号のクロック周波数以上の周波数成分を減衰させる手段を備えたことを特徴とする光伝送装置。  
【請求項6】 請求項3または請求項4に記載の光伝送装置において、光復調手段は、入力された光信号を前記のピット間で干渉させ、光信号の位相変調成分を強度変調成分に変換する光分波手段と、光分波手段の出力光信号を電気信号に変換する光電変換手段とにより構成されたことを特徴とする光伝送装置。  
【請求項7】 請求項1に記載の光伝送装置と、前記光伝送装置から送信された光信号または波長多重光信号を受信する光ファイバ伝送路と、

前記光ファイバ伝送路を伝送された前記光信号を受信する請求項3に記載の光伝送装置とを備えたことを特徴とする光伝送システム。  
【請求項8】 請求項2に記載の光伝送装置と、前記光伝送装置から送信された光信号または波長多重光信号を受信する光ファイバ伝送路と、前記光ファイバ伝送路を伝送された前記波長多重光信号を受信する請求項4に記載の光伝送装置とを備えたことを特徴とする光伝送システム。  
【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】 本発明は、デジタル信号により位相変調された光信号を送信する光伝送装置および光伝送システムに関する。  
【0002】  
【従来の技術】 (IM-DD方式) 図9は、強度変調-直検波 (IM-DD) 方式を用いた従来の波長多重光伝送システムの構成例を示す。  
【0003】 図において、送信部10では、複数の光源11-1~11-nで発生させた波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の複数の光を強度変調器12-1~12-nに入力し、送信信号それぞれ強度変調した光信号を生成する。各波長の光信号は、光合成器13で波長多重され、光ファイバ伝送路30-1~30-mおよびその損失を補償する光増幅器31-1~31-mを介して受信部20まで伝送される。受信部20では、光分波器21で各波長の光信号に分波し、それぞれ対応する受光素子22-1~22-nに入力して直接検波し、電気信号に変換する。各電気信号は、個別再生回路23-1~23-nにより個別再生され、受信信号として出力される。  
【0004】 このようなIM-DD方式を用いた光伝送システムは、1波長のみの伝送の場合でも、広帯域および低損失な光ファイバ伝送路を用いるために、高ビットレートの信号を長距離伝送することができる。また、図9のように光増幅器31を用いることにより、光信号を光のまま増幅中継することができる。光信号を電気信号に変換して個別再生する再生中継器を用いる場合に比べて低コストな光伝送システムを構築できる。さらに、図9のような波長多重光伝送システムでは、光ファイバ伝送路30および光増幅器31を複数の波長で共有できるので、より経済的なシステムを構築できる。  
【0005】 しかし、光ファイバ伝送路および光増幅器で生じる信号劣化要因により、光増幅器のみで中継することはできず再生中継器が必要になる。なお、波長多重光伝送システムでは、再生中継器は波長数分必要となり、波長多重による経済化効果が低減する。  
【0006】 ここで、光増幅中継の制限要因のうち、光増幅器の自然放光 (ASE光) による信号対雑音比 (光 S/NR) の劣化、および光ファイバ伝送路の非線形光学効果による信号劣化について説明する。



ランダムな波形劣化の変復後の周波数分布について説明する。図16は、NRZ符号を用いたIM-DD方式で生じるXPM+GVD効果の周波数分布を示す。ここで、中心波長を連続光とし、他を10Gbit/sのビットレートでNRZ符号を用いて強度変調した3波長の波長多重光信号について、伝送時の中心波長の光信号を直接検波した場合の電気スベクトルを示す。

【0030】この電気スベクトルは複合光を受光した際の周波数成分が0Hz成分のみ存在し、他の周波数成分が存在しない。しかし、図16に示すように、本来スベクトルが存在しない複合光にブロードなスペクトルが生じている。このスペクトルは、隣接波長のXPM+GVD効果によるランダムな強度変化によって生じたものである。XPM+GVD効果により生じたスペクトルは、図に示すように信号周波数帯域と重なっており、取り除くことは不可能である。このため、受信部においてランダムな信号劣化が生じることになる。

【0031】以上、NRZ符号を用いたIM-DD方式におけるXPM+GVD効果の影響について説明したが、DPSK-DD方式についてもSPM+GVD効果と同様に信号劣化を生じる。また、RZ符号を用いたM-DD方式についても、強度変化は送信信号に依存し、隣接波長にXPM+GVD効果によるランダムな信号劣化を与える。

【0032】図17は、100 GHz間隔の3波長多重伝送実験により得られたアイバタを示す。信号のビットレートは10Gbit/sとした。また、実験に用いた光伝送路は波長分散値2.5ps/nm/kmであり、120kmごとに光増幅中継し、360 km伝送した。なお、群速度分散の影響を除くため、伝送後に分散補償ファイバにより光伝送路の群速度分散を補償した。

【0033】図17(a)、(b)、(c)は、それぞれNRZ符号を用いたIM-DD方式、RZ符号を用いたIM-DD方式、DPSK-DD方式のアイバタを示す。なお、比較のために、伝送前のアイバタもそれぞれ同時に示す。図に示すように、3波長多重伝送後のアイバタは、伝送前と比較して波形がランダムに劣化し、“0”と“1”のレベル差が小さくなって傾りが生じやすくなっていることがわかる。このように、波長多重伝送を行った場合は、SPM+GVD効果に加え、XPM+GVD効果によりランダムな波形劣化を受けて信号が劣化する。

【0034】なお、ここでは波長多重伝送を行った場合の非線形光学効果の例として、XPM+GVD効果による劣化について説明したが、光強度変化しなわち光パワーの変化が他の波長に影響を与える現象については、上記のXPM+GVD効果と同様の劣化を生じさせる。

【0035】このように、光伝送システムでは、非線形光学効果と光SNR劣化の影響により信号が劣化する。特に、SPM+GVD効果およびXPM+GVD効果に

よる影響は、従来の技術を用いる光伝送システムにおいて光増幅中継数の大きな制限要因となっている。

【0036】本発明は、SPM+GVD効果とXPM+GVD効果等の非線形光学効果、および光SNR劣化による光増幅中継数の制限を緩和し、光伝送路における再生中継器を最小限に抑えて経済的なネットワークを構築することができるとする光伝送装置および光伝送システムを提供することを目的とする。

【0037】  
【課題を解決するための手段】請求項1に記載の光伝送装置は、単一波長の光を発生する光源と、デジタル信号により単一波長の光を位相変調する位相変調手段と、位相変調された光信号の各ビットの境界で光強度が小さくなるように強度変調する強度変調手段とを備え、位相変調および強度変調された光信号を送信する。

【0038】請求項2に記載の光伝送装置は、異なる波長の光を発生する複数の光源と、複数のデジタル信号により各波長の光をそれぞれ位相変調する複数の位相変調手段と、位相変調された各波長の光信号の各ビットの境界で光強度が小さくなるようにそれぞれ強度変調する複数の強度変調手段と、位相変調および強度変調された各波長の光信号を合成する光合成器とを備え、光合成器から出力される波長多重光信号を送信する。

【0039】このように、デジタル送信信号により位相変調されたビットの境界で、光強度が小さくなるように信号のビットに同期したタイミングで強度変調を行うので、送信波形の強度変化はすべてのビットにおいて一様になり、ビットの境界で光強度が小さくなる。これにより、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉を抑圧でき、信号劣化を低減することができ。

【0040】請求項3に記載の光伝送装置は、デジタル信号により位相変調された光信号を復調して電気信号に変換する光復調手段と、電気信号を位相再生してデジタル信号を出力する位相再生手段とを備え、請求項1に記載の光伝送装置から送信された光信号を光復調手段に変復する。

【0041】請求項4に記載の光伝送装置は、複数のデジタル信号により各波長の光信号がそれぞれ位相変調された波長多重光信号を各波長の光信号に分散する光分散器と、各波長の光信号を復調してそれぞれ電気信号に変換する複数の光復調手段と、各電気信号を位相再生してそれぞれ対応するデジタル信号を出力する複数の位相再生手段とを備え、請求項2に記載の光伝送装置から送信された波長多重光信号を光分散器に変復して分散する。

【0042】また、光復調手段で復調された電気信号のクロック周波数以上の周波数成分を減衰させる手段を備えてもよい（請求項5）。本発明の光伝送装置から送信された光信号は、送信信号のクロック周波数と一致した成分により強度変調された波形となる。したがって、X

タル受信信号として出力される。

【0049】このように本発明の特徴は、送信部10を構成する光伝送装置にあり、送信する位相変調信号に対して光強度変調器16を用いてビットの境界で光強度が小さくなるように強度変調することにある。受信部20を構成する光伝送装置は従来のものに対応することができ。

【0050】本実施形態は、1波長の光信号を伝送するものであるが、このときに影響を与える非線形光学効果はSPM+GVD効果である。上述したように、NRZ符号を用いるIM-DD方式、DPSK-DD方式では、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉によって信号が劣化する。本実施形態では、デジタル送信信号により位相変調されたビットの境界で、光強度が小さくなるように信号のビットに同期したタイミングで強度変調を行う。このため、送信波形の強度変化はすべてのビットにおいて一様になり、ビットの境界で光強度が小さくなる。ビットの境界の光強度を小さくすれば、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉を抑圧でき、信号劣化を低減することができる。

【0051】なお、本実施形態では、送信部10から位相変調信号を送信し、受信部20で光弁別器25およびバランスタイプ型光器26を用いた復調処理を行う構成であるので、従来のDPSK-DD方式と同様に受信感度が高め、光増幅器31のASE光の影響を小さくできることである。RZ符号を用いたIM-DD方式でも、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉を抑圧でき、本発明の構成ではASE光の影響を合わせて低減できるところに特徴がある。

【0052】図2は、第1の実施形態における1波長伝送時の信号波形を示す。ここでは、ビットレート10Gbit/sの信号を波長分散値2.5ps/nm/kmの光伝送路で120kmごとに光増幅中継し、360 km伝送した場合の波形変化を示す。(a)は伝送前、(b)は伝送後の光復調器の出力波形を示す。なお、群速度分散の影響を除くため、伝送後に分散補償ファイバにより光伝送路の群速度分散を補償した。

【0053】従来のIM-DD方式でDPSK-DD方式では、図17に示すように、SPM+GVD効果による符号間干渉により、前後のビットの依存性によって信号劣化が生じているのに対して、本実施形態では符号間干渉を抑圧できるので波形劣化が小さいことがわかる。

【0054】図3は、第1の実施形態における伝送後の符号繰り率特性を示す。なお、実験条件は図2の実験と同様である。本実験では、光伝送路の損失を30dBに固定し、光伝送路への入力パワーを変化させた場合の符号繰り率を示す。図中の●印は、入力パワーが小さい場合の符号繰り率であるが、後述する3波長伝送時の符号繰り率を引用した。これは、入力パワーが小さい場

合には、非線形光学効果の影響はなく、1波長伝送時の符号誤り率とほぼ一致するからである。図3(a)はNR 2符号を用いたIM-DD方式、図3(b)はRZ符号を用いたIM-DD方式、図3(c)はDPSK-DD方式であり、図3(d)が本実施形態の符号誤り率である。

【0055】光伝送路への光入力パワーを減少させること、符号誤り率が悪化する。これは、上述したASE光による光伝送路の劣化の影響であり、光入力パワーに下限が存在することを示す。一方、光伝送路への光入力パワーを上昇させると、符号誤り率がより悪化する。これは、非線形光学効果による影響で波形が劣化したことによる制限である。この上限、下限間の光入力パワーの範囲が広いほど、ASE光および非線形光学効果の影響が小さく、光増幅中継数を大きくすることができる。基準となる符号誤り率を $10^{-9}$ 以下とすると、これを満たす光入力パワーの範囲は、図3(d)に示す本実施形態の影響が最大であり、ASE光および非線形光学効果の影響を低減できることがわかる。

【0056】なお、本実施形態では、光増幅器24の光入力パワーとしてマツパツェンツェン干渉計を用いた構成を示したが、SPM+GVD効果による符号間干渉の低減効果は光増幅器の構成によらないので、他の復調方式を用いた場合でも同様に光伝送路中で生じる符号間干渉を低減することができる。

【0057】また、光増幅器24の復調信号からクロック周波数以上の成分を減衰させる手段として、例えば図1に示すように、受信部20の光増幅器24と同期再生器23との間にフィルタを配置してもよい。本実施形態の送信部10では、光送信波のすべてのビットがほぼ等しい強度となるので、SPM+GVD効果による波形劣化がすべてのビットに同様に生じる。その結果、復調後の波形劣化は、クロック周波数と一致またはその通信の周波数成分に生じる。したがって、光増幅器24の出力に対してクロック周波数以上の成分を減衰させるフィルタを用いることにより、復調後の波形劣化を改善することができる。

【0058】(第2の実施形態) 図4は、本発明の光伝送装置および光伝送システムの第2の実施形態を示す。DPSK-DD方式による復調動作の基本的な部分は、図10に示す従来の構成と同様である。ここでは、n波長多重伝送する構成を示す。

【0059】図において、送信部10では、複数のディジタル送信信号をそれぞれ符号化路14-1~14-nに入力して符号化する。複数の光源11-1~11-nで発生させた波長 $\lambda_1$ ~ $\lambda_n$ の連続光を光位相変調器15-1~15-nに入力し、符号化路14-1~14-nの出力信号によりそれぞれ位相変調した光信号を生成する。各波長の位相変調信号は、それぞれクロック信号で駆動される光強度変調器16-1~16-nに入力され、ビットの境界で光強度が小さくなるようにビットご

とに強度変調される。各波長の光信号は、光強度器13で波長多重され、光ファイバ伝送路30-1~30-mおよびその損失を補償する光増幅器31-1~31-mを介して受信部20まで伝送される。

【0060】受信部20では、光伝送路21で各波長の光信号に分解し、それぞれ対応する光増幅器24-1~24-nに入力される。光増幅器24は、光増幅器25とパラシタ型変光器26から構成される。光増幅器25は2入力2出力のマツパツェンツェン干渉計により構成し、一方の入力ポートから入力した光信号を2分岐し、その一方に1ビット分時間遅延させた後に合波して2つの出力ポートに出力する。一方の出力ポートには、送信信号と等しい光強度信号が出力され、他方の出力ポートには輪理反転した光強度信号が出力される。光増幅器25から出力される2つの光強度信号はパラシタ型変光器26に入力され、送信信号に応じた電気信号が復調される。各光増幅器24-1~24-nから出力される電気信号は、それぞれ同期再生回路23-1~23-nにより復調再生され、ディジタル受信信号として出力される。

【0061】本実施形態では、第1の実施形態と同様に、ディジタル送信信号により位相変調されたビットの境界で、光強度が小さくなるように信号のビットに同期したタイミングで強度変調を行うので、送信波の強度変化はすべてのビットにおいて一様になり、ビットの境界で光強度が小さくなる。これにより、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉を抑圧でき、信号劣化を低減することができる。

【0062】次に、本実施形態において、XPM+GVD効果によって生じる信号劣化を低減する原理について説明する。図5は、第2の実施形態で相互位相変調によって生じる光強度劣化を示す。図5(a)、(b)は、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の位相変調・強度変調信号の波形を示す。図5(a)、(b)間の矢印は、相互位相変調により隣接波間の光強度変化による光周波数変動が生じる点を示す。例えば下向きの矢印は、波長 $\lambda_1$ の光信号が波長 $\lambda_2$ の光信号に光周波数変化を生じさせることを意味する。図5(c)は、波長 $\lambda_1$ の光信号の強度変化によって波長 $\lambda_2$ の光信号に生じる光周波数変化を示す。

【0063】本実施形態では、図5(a)、(b)に示すように、ディジタル送信信号は光の位相により伝送されるので、光強度は送信信号によらず、ビットの境界で常に光強度が小さくなる。このため、送信信号のクロック周波数と一致した成分により強度変調された波形となる。また、全てのビットが同一の強度変調を受けるため、図中の矢印のように、XPM+GVD効果も全てのビットで一様に影響を与える。この結果、図5(c)に示すように、隣接チャネルからの相互位相変調により生じる光周波数変化の周波数はビットレートと一致することになる。

【0064】このように、本実施形態におけるXPM+GVD効果による波形劣化は、隣接チャネルの強度変化

の周期であるクロック周波数およびその通信の周波数に生じる。したがって、光増幅器24の復調信号からクロック周波数以上の成分を減衰させる手段として、例えば図4に示すように、受信部20の光増幅器24と同期再生器23との間にフィルタを配置することにより、XPM+GVD効果による波形劣化を低減することが可能となる。

【0065】ここで、第2の実施形態におけるXPM+GVD効果による波形劣化の受信後の周波数分布について説明する。図6は、第2の実施形態におけるXPM+GVD効果の周波数分布を示す。ここでは、中心波長を連続光とし、他を本発明により位相変調・強度変調したビットレート10Gbit/sの3波長の波長多重光信号について、伝送時の中心波長の光信号を直接後波した場合の電気スペクトルを示す。

【0066】この電気スペクトルは連続光を受光した際のものであるので、本来は周波数0成分のみが存在する。他の周波数成分は、隣接波長のXPM+GVD効果による影響を示している。IM-DD方式では、図16に示すように信号帯域全体にわたってブロードなスペクトルが生じていたが、本実施形態のXPM+GVD効果による波形劣化は、隣接チャネルの強度変化の周期であるクロック周波数およびその通信の周波数に生じている。したがって、その波形劣化成分は、クロック周波数以上の成分を減衰させるフィルタにより容易に取り除くことができる。

【0067】図7は、第2の実施形態の構成による3波長多重伝送実験により得られたアイパターンを示す。信号のビットレートは10Gbit/sとした。また、実験に用いた光伝送路は波長分散値 $2.5\text{ps/nm/km}$ であり、 $120\text{km}$ ごとに光増幅中継し、 $360\text{km}$ 伝送した。なお、群速度分散のみの影響を除くため、伝送後に分散補償ファイバにより光伝送路の群速度分散を補償した。図17に示す従来の構成では、3波長多重伝送後のアイパターンが大きく波形劣化していたが、本実施形態の構成では3波長多重伝送後のアイパターンに顕著な劣化が見られず、SPM+GVD効果およびXPM+GVD効果による波形劣化が抑圧できていることがわかる。

【0068】図8は、第2の実施形態における伝送後の符号誤り率特性を示す。なお、実験条件は図2の実験と同様である。本実験では、光伝送路の損失を30dBに固定し、光伝送路への光入力パワーを変化させた場合の符号誤り率を示す。図8(a)はNRZ符号を用いたIM-DD方式、図8(b)はRZ符号を用いたIM-DD方式、図8(c)はDPSK-DD方式であり、図8(d)が本実施形態の符号誤り率である。なお、参考のために、1波長伝送時の符号誤り率についても表示している(▲印)。

【0069】1波長伝送時と3波長伝送時の符号誤り率を比較すると、光伝送路への光入力パワーが大きい場合

に、3波長伝送時の符号誤り率が高くなることがわかる。これは、波長間の相互作用によるXPM+GVD効果により生じる波形劣化が原因であるが、その中でも図8(d)に示す本実施形態のものが符号誤り率の劣化が最小限に抑えられていることがわかる。

【0070】このXPM+GVD効果による波形劣化は、上述したように復調出力に対してクロック周波数以上の成分を減衰させる手段を用いることにより低減することができる。実験では、光増幅器の帯域がビットレートである10GHz程度のもを用いることにより、XPM+GVD効果による波形劣化を低減でき、符号誤り率の劣化を抑圧できた。ここで、基準となる符号誤り率を $10^{-9}$ 以下とすると、これを満たす光入力パワーの範囲は、図8(d)に示す本実施形態の影響を低減できることがわかる。なお、非線形光学効果の影響を低減することができ、経済的な光伝送システムを構築することができる。

【0071】  
【発明の効果】 以上説明したように、本発明の光伝送装置および光伝送システムは、ディジタル送信信号により位相変調されたビットの境界で、光強度が小さくなるように信号のビットに同期したタイミングで強度変調を行うので、送信波の強度変化はすべてのビットにおいて一様になり、ビットの境界で光強度が小さくなる。これにより、SPM+GVD効果により生じる符号間干渉を抑圧でき、信号劣化を低減することができる。

【0072】また、本発明の光伝送装置から送信された光信号は、送信信号のクロック周波数と一致した成分により強度変調された波形となる。したがって、XPM+GVD効果による波形劣化は隣接チャネルの強度変化の周期であるクロック周波数およびその通信の周波数に生じるので、復調信号からクロック周波数以上の成分を減衰させることにより、XPM+GVD効果による波形劣化を低減することができる。

【0073】なお、復調信号からクロック周波数以上の成分を減衰させる構成は、1波長伝送時にも効果がある。すなわち、光送信波のすべてのビットが一様な強度となるので、SPM+GVD効果による波形劣化もすべてのビットに同様に生じる。その結果、復調後の波形劣化は、クロック周波数と一致またはその通信の周波数成分に生じる。したがって、復調信号からクロック周波数以上の成分を減衰させることにより、復調後の波形劣化を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光伝送装置および光伝送システムの第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】第1の実施形態における1波長伝送時の信号波形を示す図。

【図3】第1の実施形態における伝送後の符号誤り率特性を示す図。

【図4】本発明の光伝送装置および光伝送システムの第1の実施形態  
2の実施形態を示すブロック図。

【図5】第2の実施形態で波長多重伝送を行った場合の相互位相変調による光周波数変化を示す図。

【図6】第2の実施形態におけるXPM+GVD効果の周波数分布を示す図。

【図7】第2の実施形態の構成による3波長多重伝送実験により得られたアイパターンを示す図。

【図8】第2の実施形態における伝送後の符号誤り率特性を示す図。

【図9】IM-DD方式を用いた従来の波長多重伝送システムの構成例を示すブロック図。

【図10】DPSSK-DD方式を用いた従来の波長多重伝送システムの構成例を示すブロック図。

【図11】IM-DD方式で生じる自己位相変調による光周波数変化を示す図。

【図12】NRZ符号を用いたIM-DD方式の1波長伝送時の信号波形を示す図。

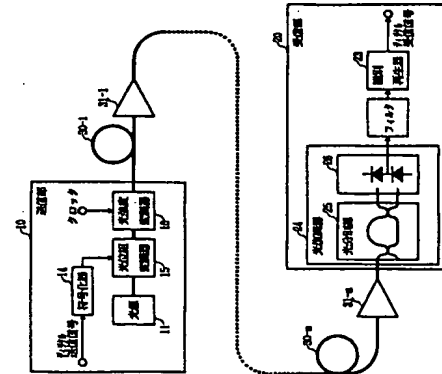
【図13】位相変調信号の光強度とその光周波数変化の関係を示す図。

【図14】DPSSK-DD方式の1波長伝送時の信号波形を示す図。

【図15】NRZ符号を用いたIM-DD方式で波長多重伝送を行った場合の相互位相変調による光周波数変化を示す図。

【図1】

本発明の光伝送装置および光伝送システムの第1の実施形態



(9)

重伝送を行った場合の相互位相変調によって生じる光周波数変化を示す図。

【図16】NRZ符号を用いたIM-DD方式で生じるXPM+GVD効果の周波数分布を示す図。

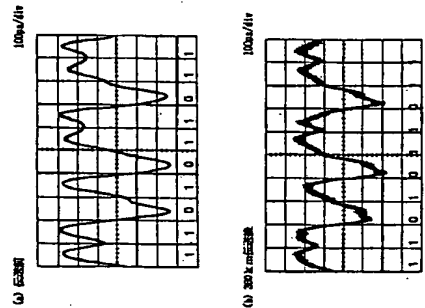
【図17】100 GHz間隔の3波長多重伝送実験により得られたアイパターンを示す図。

【符号の説明】

- 10 送信部
- 11 光源
- 12 光強度変調器
- 13 光合波器
- 14 符号化器
- 15 光位相変調器
- 16 光強度変調器
- 20 受信部
- 21 光分波器
- 22 受光素子
- 23 識別再生器
- 24 光復調器
- 25 光弁別器
- 26 バランス型受光器
- 30 光ファイバ伝送路
- 31 光増幅器

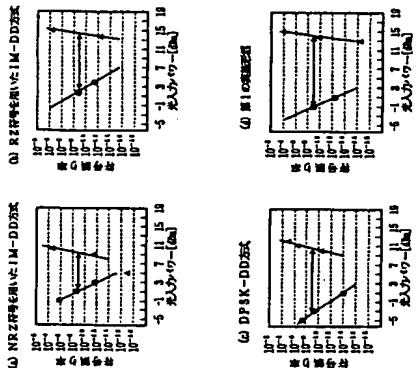
【図2】

第1の実施形態における1波長伝送時の信号波形



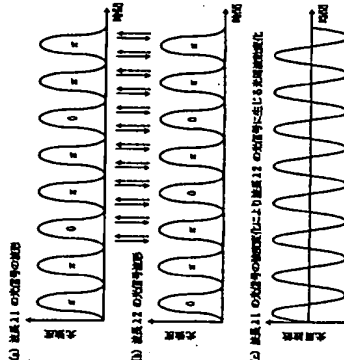
【図3】

第1の実施形態における伝送後の符号誤り率特性



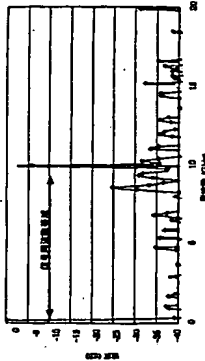
【図5】

第2の実施形態で相互位相変調によって生じる光周波数変化



【図6】

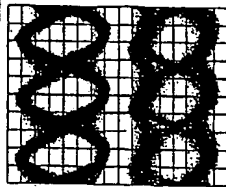
第2の実施形態におけるXPM+GVD効果の周波数分布



(10)

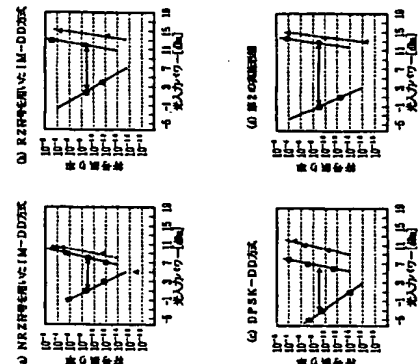
【図7】

第2の受信信号の強度による多量な伝送遅延により得られたアイザース



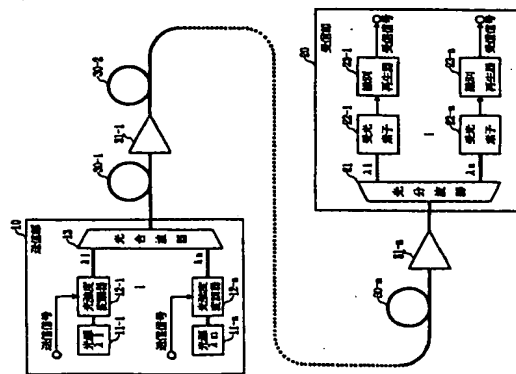
【図8】

第2の受信信号における伝送遅延の符号検出特性



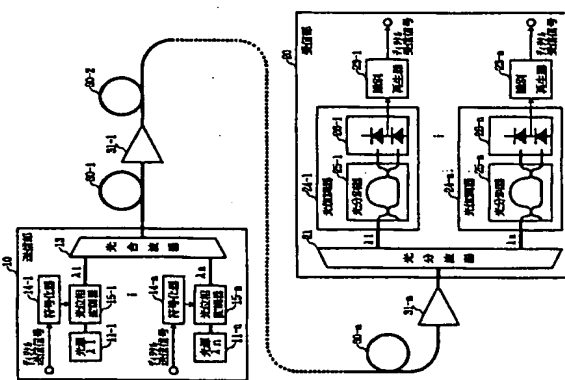
【図9】

1M-DD方式を用いた伝送遅延多量伝送システムの構成例



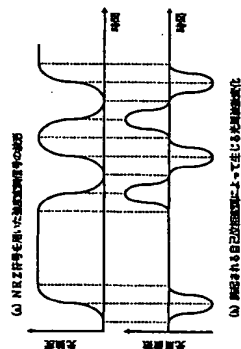
【図10】

DPSK-DD方式を用いた伝送遅延多量伝送システムの構成例



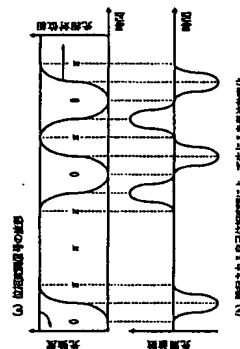
【図11】

1M-DD方式で生じる自己伝送遅延による多量伝送遅延



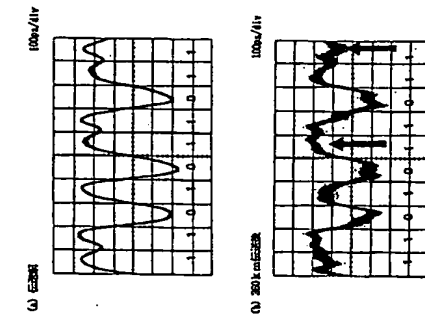
【図13】

伝送遅延の伝送遅延とその伝送遅延の伝送遅延



【図14】

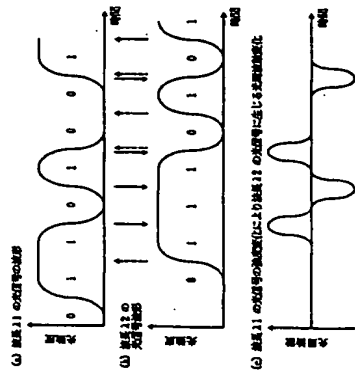
DPSK-DD方式の伝送遅延の符号検出





【図15】

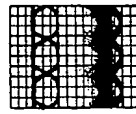
NRZ符号を用いたIM-DD方式で伝送された信号の  
伝送距離によって生じる伝送特性



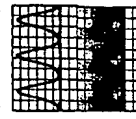
【図17】

100G伝送距離の伝送特性により得られたアイパターン

(a) NRZ符号を用いたIM-DD方式



(b) RZ符号を用いたIM-DD方式

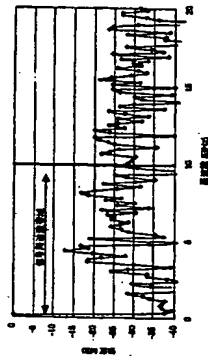


(c) DPSK-DD方式



【図16】

NRZ符号を用いたIM-DD方式で伝送された信号の  
伝送距離によって生じる伝送特性



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H04J 14/02

H04B 10/02

10/18

特許番号

F I

データベース (参考)